

ESTIMASI MODEL PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM UNTUK SUMBER GEMPABUMI DI *INTERFACE* DAN *INTRA-SLAB* SUBDUKSI UNTUK JENIS TANAH LUNAK DI KOTA PADANG MENGGUNAKAN MODEL ATTENUASI LIN DAN LEE

ESTIMATION MODEL PEAK GROUND ACCELERATION MAXIMUM (PGA max) FOR EARTHQUAKE SOURCE ON INTERFACE AND INTRA-SLAB SUBDUCTION FOR SOFT SOIL AT PADANG CITY USING LIN AND LEE ATTENUATION MODEL

Furqon Dawam Raharjo^{1*}, Angga Wijaya²

¹Bidang Seismologi Teknik, BMKG Pusat Jakarta, Jl. Angkasa I, Kemayoran, Jakarta Pusat

²Bidang Manajemen Operasi Seismologi Teknik, BMKG Pusat Jakarta, Jl. Angkasa I, Kemayoran, Jakarta Pusat

*E-mail: furqonpalestine@gmail.com

Naskah masuk: 21 Juli 2021 Naskah diperbaiki: 8 Maret 2022 Naskah diterima: 21 Juni 2022

ABSTRAK

Parameter informasi percepatan getaran tanah maksimum memegang peranan penting untuk mengetahui tingkat resiko bahaya kegempaan di suatu wilayah salah satunya di Kota Padang. Sumber kegempaan di Kota Padang meliputi zona megathrust (*interface subduction*) dan zona Benioff (*Intraplate subduction*). Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan estimasi model percepatan getaran tanah maksimum (PGAmax) akibat gempabumi yang bersumber di zona *interface subduction* dan *Intraplate subduction*. Analisis yang dilakukan adalah menghitung nilai PGAmax disetiap titik grid menggunakan persamaan atenuasi Lin dan Lee (2008) pada kondisi tanah lunak. Hasil analisis penelitian ini menunjukkan percepatan tanah maksimum (PGAmax) untuk sumber gempabumi *interface subduction* berkisar 0.0424 g hingga 0.0457 g, sedangkan di *intra-slab subduction* berkisar 0.0956 g hingga 0.1146 g. Nilai PGA yang relatif lebih tinggi yang bersumber dari *interface subduction* terjadi di Koto Tengah, Nanggalo, sebagian Padang Utara, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung dan Bungus sedangkan untuk sumber *Intraplate subduction* terjadi di Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo dan sebagian di Padang Utara dan Padang Barat.

Kata kunci: Percepatan getaran tanah, *interface* dan *intraslab subduction*, tanah lunak

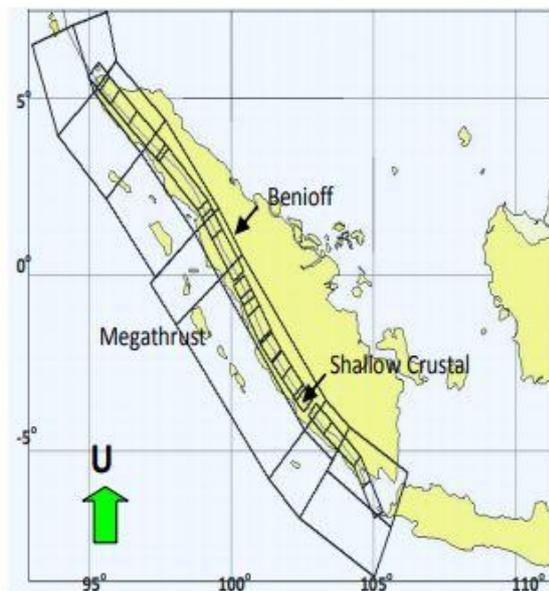
ABSTRACT

The information parameter of peak ground acceleration plays an important role to determine the level of seismic hazard risk in an area, one of which is in the Padang city. The sources of earthquakes in Padang city include the megathrust zone (*interface*) and Benioff zone (*Intraplate*). The purpose of this paper to determine estimation model peak ground acceleration maximum (PGA max) due to earthquake sources in the *interface* and *intraslab* subduction. The analysis involved to calculate PGAmax at each grid point using Lin & Lee attenuation on soft soil condition. Results of the analysis showed PGA max for earthquake source at *interface subduction* range from 0.0424 g to 0.0457 g, while for *intra-slab subduction* it range 0.0956 g to 0.1146 g. The PGA max are relatively higher for *interface subduction* occurred in Koto Tengah, Nanggalo, parts of North Padang, West Padang, South Padang, Lubuk Begalung and Bungus. While for *intra-slab subduction* occurred in Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo, parts of North Padang and West Padang.

Keywords: Peak Ground Acceleration (PGA), *Interface* and *Intra-Slab Subduction*, and Soft Soil.

1. Pendahuluan

Kota Padang merupakan salah satu kota di Indonesia yang rawan terhadap bencana gempabumi dan tsunami, karena letaknya sangat dekat dengan pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia dan juga terdapat adanya sesar aktif Mentawai. Dengan kondisi tektonik aktif ini menyebabkan tingginya aktivitas kegempaan dan berpotensi terjadinya gempabumi kuat dan merusak. Gempabumi kuat dan merusak dapat disebabkan karena aktivitas tektonik sumber gempa subduksi antar muka (*interface subduction*), zona benioff (*intra-slab*) dan sesar aktif.



Gambar 1. Sumber gempabumi *Interface* dan *Intraslab* subduksi [10].

Gempa subduksi antar-muka (*interface subduction*) adalah gempa-gempa yang terjadi pada zona *megathrust*, sedangkan gempa bumi subduksi *intra-Slab* adalah gempa-gempa yang berada di zona *benioff*. Sejarah mencatat ada beberapa *event* gempa bumi kuat yang terjadi di subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-Slab* di Kota Padang antara lain : gempa bumi *interface* tahun 2005 dengan Mw 6.7, gempabumi *intra Slab / benioff* tahun 2009 Mw7.9 dan gempa bumi *interface* dan tsunami Pagai Selatan tahun 2010 Mw7.2. Semua *event* gempa bumi kuat dan merusak ini memberikan kontribusi getaran tanah yang kuat sehingga ada beberapa bangunan rumah, gedung-gedung dan infrastruktur di Kota Padang mengalami kerusakan (*collapse*).

Tingkat besarnya getaran tanah di suatu wilayah dapat ditentukan dengan percepatan tanah maksimum. Percepatan getaran tanah adalah suatu parameter yang menggambarkan kerusakan akibat gempa bumi, semakin besar nilai percepatan getaran tanah maka semakin kuat getaran tanahnya [6]. Satuan percepatan getaran tanah yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah g atau % g . ($1 g = 9.8 m/s^2$).

Tabel 1. Percepatan tanah dengan intensitas gempabumi [12].

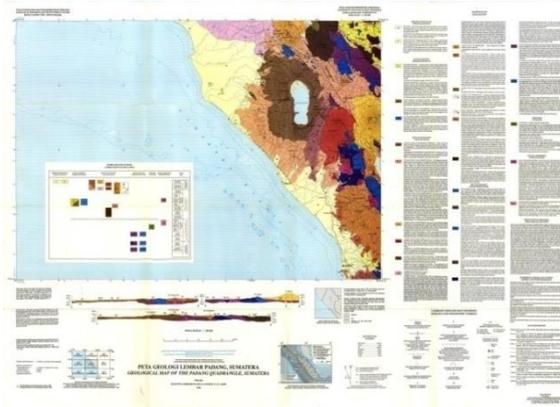
< 0.05	None	Not left	I
0.3	None	Weak	II-III
2.8	None	Light	IV
6.2	Very light	Moderate	V
12	Light	Strong	VI
22	Moderate	Very strong	VII

percepatan getaran tanah tergantung dari jarak hiposenter, magnitudo gempabumi, klasifikasi jenis tanah (*site class*) dan keadaan geologi local (*site local effect*). Percepatan tanah pada kondisi tanah lunak (*soft soil*) memiliki kecepatan gelombang geser $Vs30 < 175 m$.

Menurut [4], kondisi geologi di Kota Padang secara litologi terdiri dari tiga masa pembentukan batuan yaitu tersier, kuartar dan pratersier yang tersusun sebagai berikut :

1. Qal (alluvium) pada umumnya tersusun atas batu kerikil, pasir, lempung dan lumpur biasanya dapat dijumpai didaerah aliran sungai, endapan danau, pantai.
2. QF (Kipas Alluvium) terdiri dari sedimen yang terbentuk dari batuan andesit yang berasal dari gunung api strato kipas alluvium mengandung lempung, lanau dan pasir.
3. QTt (Tuff Kristal) merupakan pecahan batuan berukuran kerakal yang mengandung mineral teran, andesit, kaca, dan pasir gunung api.
4. Qtau (aliran yang takteruraikan) merupakan batuan yang berkomponen breksi gunung api, konglomerat, tuff lava, anglomerat dan lahar.

5. Qta (Andesit dan Tuff) merupakan jenis batuan gunung api yang terdiri dari andesit dan sebagian tuff



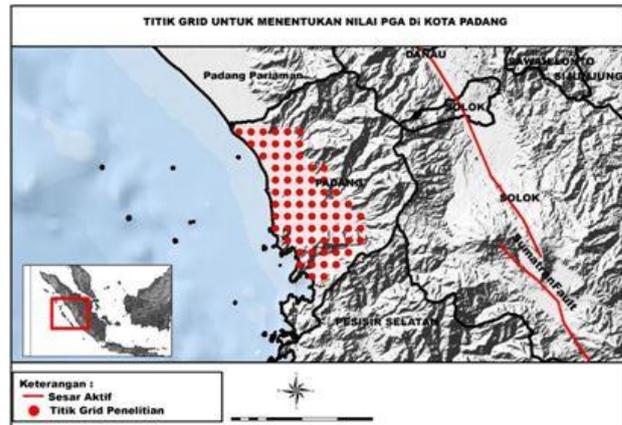
Gambar 2. Geologi lembar Padang dan Sekitarnya[4]

Analisis estimasi percepatan tanah maksimum dalam studi ini berdasarkan dari data seismisitas yang terjadi di wilayah Kota Padang dan sekitarnya menggunakan model persamaan attenuasi [5] untuk kondisi tanah lunak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan percepatan tanah maksimum akibat *event* gempa yang terjadi di subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* pada jenis tanah lunak, serta untuk memetakan wilayah di Kota Padang yang memiliki tingkat resiko bahaya kegempaan yang tinggi berdasarkan dari nilai percepatan tanah dan sebagai upaya untuk meminimalisir kerusakan bangunan.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data katalog gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* yang terjadi di Kota Padang dan sekitarnya dengan koordinat 95 BT – 104 BT dan 2 LS – 4 LS. Data kata log gempabumi bersumber dari USGS dan BMKG dari tahun 1963 sampai dengan 2018. Magnitudo yang digunakan magnitudo 4.0 sampai dengan magnitudo 9.0 dengan kedalaman hiposenter untuk sumber gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) yakni 4 km hingga 30 km dan *intra-slab* yakni 44 km hingga 161 km.

Metodologi pada penelitian ini adalah membuat titik grid di wilayah Kota Padang. Titik grid dilakukan agar nilai estimasi percepatan tanah maksimum dapat mencakup seluruh wilayah di Kota Padang dan sekitarnya. Dimana tiap titik grid didalamnya terdapat suatu nilai percepatan tanah.



Gambar 3. Peta Titik – titik grid untuk penentuan nilai PGA maksimum di wilayah Kota Padang dan sekitarnya.

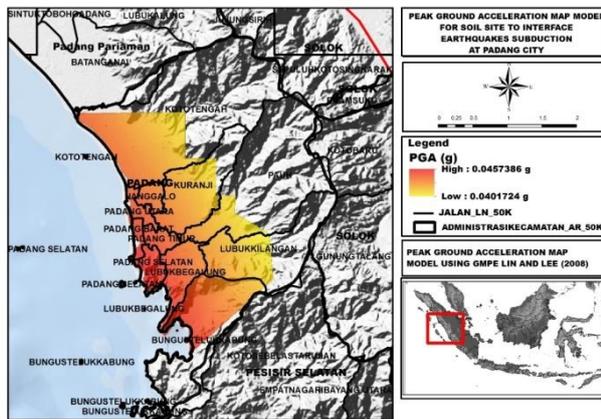
Pemilihan titik *grid* berdasarkan dari data model kecepatan gelombang geser Vs30 dari USGS, yang mempunyai jenis klasifikasi tanah lunak. Jarak antar titik grid sekitar 2 km x 2 km. Dalam penelitian ini untuk membuat titik – titik grid menggunakan bantuan *software ArcGIS 10.1*. Dalam penelitian ini estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* pada kondisi jenis tanah lunak dihitung menggunakan persamaan model atenuasi [5]. Persamaan tersebut sebagai berikut ;

$$\ln(PGA) = -C_1 + C_2M - C_3 \ln(R + 0.9918e^{0.5236M})C_4H + C_5 Z_t \quad (1)$$

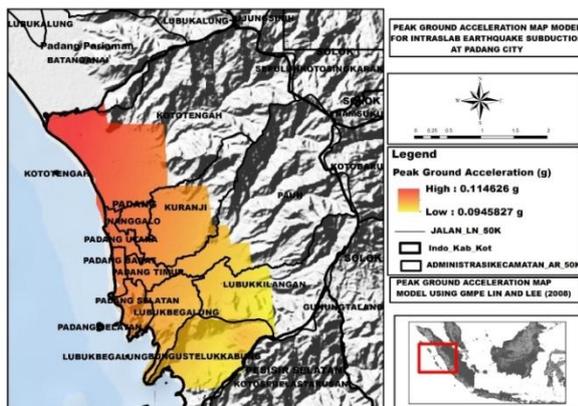
Dimana M = magnitudo, R = jarak hiposenter (Km), H = kedalaman sumber gempa (Km) dan Z_t = sumber gempa subduksi, untuk Z_t = 0 (gempa subduksi *interface*) dan Z_t = 1 (gempa subduksi *intraSlab*). Jarak hiposenter (R) dihitung menggunakan persamaan $R = \sqrt{r^2 + H^2}$, dimana r adalah jarak episenter gempabumi (km).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* pada studi ini ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Peta percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak di Kota Padang.

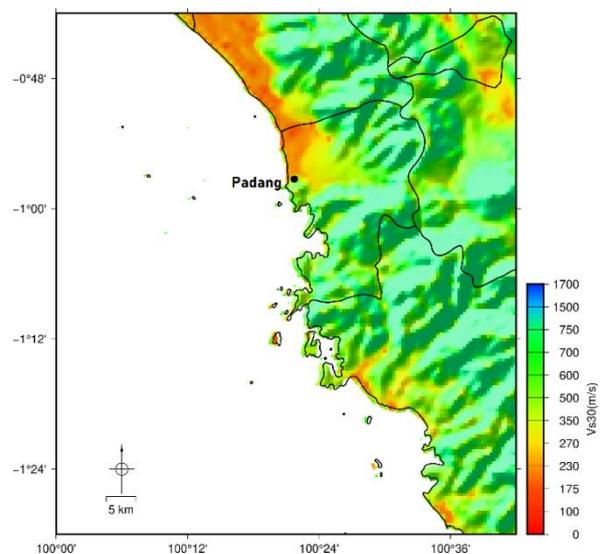


Gambar 4. Peta percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi *intraSlab* pada kondisi tanah lunak di Kota Padang.

Gambar 3 dan 4 menggambarkan peta hasil sebaran nilai estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) dan *intra-slab* di Kota Padang dalam bentuk spasial yang mendeskripsikan guncangan atau getaran akibat gempa bumi yang dihitung berdasarkan dari persamaan [5]. Dari Gambar 3, menunjukkan hasil analisis estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak di Kota Padang berkisar antara 0.0401 g (4.01 %) sampai dengan 0.0457 g (4.57 %), sedangkan pada Gambar 4 estimasi

nilai percepatan tanah untuk sumber gempa bumi di *intra-Slab* subduksi pada kondisi tanah lunak sekitar 0.0945 g (9.45 % g) sampai dengan 0.1146 g (11.46 % g).

Estimasi Percepatan tanah tertinggi (*PGA max*) untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak berkisar antara 0.0424 g (4.24 % g) sampai dengan 0.0457 g (4.57 % g) terjadi di wilayah Koto Tengah Nanggalo, sebagian Padang Utara, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung dan Bungus. Kemudian untuk sumber gempa bumi di *Intra-Slab* subduksi pada kondisi tanah lunak percepatan tanah tertinggi (*PGA max*) berkisar antara 0.0956 g (9.56 %) sampai dengan 0.1146 g (11.46 %) berada di wilayah Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo dan sebagian di Padang Utara dan Padang Barat. Wilayah – wilayah tersebut diperkirakan memiliki getaran tanah cukup kuat dan berpotensi terjadi kerusakan bangunan dan termasuk dalam zona resiko kegempaan yang cukup tinggi. Kemudian untuk estimasi percepatan tanah yang rendah untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) pada kondisi tanah lunak berkisar antara 0.0364 g (3.64 %) hingga 0.04017 g (4.017 %) dan terjadi di wilayah Lubuk Kilangan, Teluk Bungus dan beberapa wilayah di sekitar Lubuk Begalung. Untuk sumber gempa bumi di *intra-Slab* subduksi pada kondisi tanah lunak estimasi percepatan tanah terendah berkisar antara 0.0864 g (8.64 %) hingga 0.0945 g (9.45 %) terjadi di Padang Utara tepatnya di Koto Tengah, Kuranji kemudian terjadi di wilayah Lubuk Kilangan. Wilayah tersebut diperkirakan memiliki guncangan yang cukup rendah.



Gambar 5. Peta Vs30 di wilayah Kota Padang dan Sekitarnya

Beberapa wilayah di Kota Padang yang mempunyai percepatan getaran tanah yang tinggi (PGA max) karena menurut [6] didominasi oleh karakteristik jenis tanah lunak (*alluvium*) dengan kecepatan gelombang geser $V_{s30} < 270$ m/s (Gambar 4) dan mempunyai kandungan frekuensi tinggi. Karakteristik jenis tanah lunak mempunyai amplifikasi yang tinggi sehingga akan mengalami getaran tanah yang cukup kuat. Kemudian [6] mengatakan amplifikasi gerakan tanah (*ground motion*) akan cenderung semakin besar pada tanah endapan yang sangat dalam/fleksibel. Sedangkan untuk percepatan getaran tanah yang rendah terjadi karena di beberapa wilayah, khususnya di bagian timur Kota Padang sebagian terletak didaerah pegunungan yang tersusun oleh kondisi karakteristik tanah keras yang terbentuk oleh batuan vulkanik. Menurut [2] penyebab percepatan tanah yang rendah jika suatu wilayah mempunyai formasi lasikin yang tersusun oleh batuan beku dan vulkanik. Oleh karena itu karakteristik jenis tanah, kondisi geologi lokal setempat, mekanisme patahan, endapan yang cukup dalam dan kondisi topografi sangat mempengaruhi nilai percepatan getaran tanah.

4. Kesimpulan

Nilai estimasi percepatan tanah maksimum untuk sumber gempa bumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) berkisar 0.0401 g (4.01 %g) hingga 0.0457 g (4.57 % g), sedangkan untuk sumber gempabumi subduksi *intra-slab* sekitar 0.0945 g (9.45 % g) hingga 0.1146 g (11.46 %g). Percepatan tanah tertinggi untuk sumber gempabumi subduksi antar-muka (*interface subduction*) berada di wilayah Nanggalo, sebagian Padang Utara, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung dan Teluk Bungus. Sedangkan untuk sumber gempabumi subduksi *intra-slab* percepatan tanah tertinggi berada Koto Tangah, Nanggalo dan sebagian di Padang Utara dan Padang Barat. karakteristik jenis tanah yang berdasarkan V_{s30} , kondisi geologi lokal setempat, mekanisme patahan, endapan yang cukup dalam dan kondisi topografi sangat mempengaruhi nilai percepatan getaran tanah.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada BMKG dan USGS sebagai sumber data katalog gempa bumi dan model V_{s30} dalam pembuatan karya tulis ini. Ucapan terimakasih juga penulis berikan kepada para reviewer yang telah mengoreksi paper ini hingga terbit.

Daftar Pustaka

- [1] Gusdalina, S., Syafriani, dan Ma'muri. (2008). Studi Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat Dengan Metode Next Generation (NGA). *Phillar Of Physics*, Vol.11, 33-40.
- [2] Handayani, L., Hananto, D.N., Angono, T., Syuhada, Setiabudi, T.A.P., Gaol, L.K., & Aribowo, S. (2017). Penentuan Percepatan Tanah Puncak di Pulau Simeuleu Dengan Metode Deterministik. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol 8, No.3, pp.135 – 142.
- [3] Handayani, L., Mulyadi, D., Wardhana, D., & Nur, W.H. (2009). Percepatan Pergerakan Tanah Maksimum Daerah Cekungan Bandung Studi Kasus Gempa Sesar Lembang. *JSDG*, Vol 19, pp. 333 - 337.
- [4] Kastowo, M., Gerhard, W.Leo., S, Gafoer., & Amin, T.C. (1996). Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera, Bandung.
- [5] Lin, Shen-po., Lee, Chyi-tyi. (2008). Ground Motion Attenuation Relationship For Subduction – Zone Earthquakes In Northeathern Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. America.*, vol. 98, pp. 220-240.
- [6] Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik Dan Rekayasa Kegempaan : Percepatan Getaran Tanah*. Yogyakarta, Indonesia : Pustaka Pelajar.
- [7] Syofyan, R.M., Edial, H. (2019). Percepatan Estimasi Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempabumi Di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi Megathrust Mentawai Menggunakan Metode Deterministik. *Jurnal Buana Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial – UNP*, Vol 03, pp. 2615 – 2630.
- [8] Sieh, k., & Natawidjaja, D.H, (2000). Ground Neotectonic Of The Sumatera Fault, Indonesia. *Journal Of Geophysical Research*, vol. 105, pp. 295-326.
- [9] Sunardi, B., Pitriani, W., Rohadi, S., Sulastri., & Setiabudi, T.A.P. (2017). Estimasi Percepatan Tanah Maksimum Dan Spektra Percepatan Akibat Gempa 7 Desember 2016 Di Kabupaten Pidie Jaya, " *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke – 10.*, Vol 11, pp. 1655 – 1662.
- [10] Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Jakarta, Indonesia : Puslibang Kemen PUPR.
- [11] Worden, C. B., M. C. Gerstenberger, D. A. Rhoades, & D. J. Wald. (2012). Probabilistic relationships between ground-motion parameters and modified Mercalli intensity in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 102, pp. 204-221.